

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт неразрушающего контроля
 Направление подготовки Приборостроение
 Профиль Системы ориентации, стабилизации и навигации
 Кафедра точного приборостроения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Преобразователь DC-DC для передающего устройства специального назначения

УДК 621.314.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4В	Берёзкина Ю. А.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Иванова В.С.	к.т.н		
Заведующий лабораторией 101/1 АО «НИИПП»	Мартенюк Д. В.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой менеджмента	Чистякова Н. О.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Анищенко Ю. В.	к. т. н.		

По разделу «Вопросы технологии»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гормаков А.Н.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ТПС ИНК	Бориков В.Н.	д.т.н		

Томск – 2016 г.

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ

Код результата	Результат обучения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для разработки, производства, отладки, настройки и аттестации средств приборостроения с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения
P2	Участвовать в технологической подготовке производства, подбирать и внедрять необходимые средства приборостроения в производство, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов; принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа
P3	Эксплуатировать и обслуживать современные средств измерения и контроля на производстве, обеспечивать поверку приборов и прочее метрологическое сопровождение всех процессов производства и эксплуатации средств измерения и контроля; осуществлять технический контроль производства, включая внедрение систем менеджмента качества
P4	Использовать творческий подход для разработки новых оригинальных идей проектирования и производства при решении конкретных задач приборостроительного производства, с использованием передовых технологий; критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы; использовать основы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности
P5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования по своему профилю с использованием новейших достижения науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области знаний, соответствующей выполняемой работе
P6	Использовать базовые знания в области проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; уметь делать экономическую оценку разрабатываемым приборам, консультировать по вопросам проектирования конкурентоспособной продукции
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P8	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности
P10	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а так же различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду
P11	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт неразрушающего контроля
 Направление подготовки Приборостроение
 Профиль Системы ориентации, стабилизации и навигации
 Кафедра точного приборостроения

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

 (Подпись) _____ В.Н. Борилов
 (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ4В	Берёзкиной Юлии Андреевны

Тема работы:

Преобразователь DC-DC для передающего устройства специального назначения

Утверждена приказом директора (дата, номер)

3167/с от 25.04.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:

17.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Наименование объекта исследования: преобразователь постоянного тока для платы питания передающего устройства.

Требования к объекту исследования: разработка платы питания передающего устройства, выполняющий техническим требованиям заказчика (Соответствие платы габаритным масштабам корпуса, входное напряжение: 12 ± 0.5 В, выходное напряжение: 5 В; 4.25 В, высокий КПД, средняя наработка на отказ не менее 20000 ч.)

Требования к особенностям функционирования (эксплуатации): Диапазон рабочих температур от -60°C до +80°C. Передающее устройство устанавливается на наземную мобильную технику. Плата питания должна

	быть устойчива к вибрации диапазоном 20-30 Гц Разработка принципиальных электрических схем и конструкторской документации на печатные платы АО «НИИПП»; Технические условия. Сборка и монтаж электрический внутренних электротехнических изделий. АО «НИИПП».
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	Проведение аналитического обзора. Изучение принципа работы понижающего преобразования Анализ и выбор ЭРИ Расчёт выбора номинала резисторов и конденсаторов Разработка технической документации Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Социальная ответственность. Выводы по результатам работы.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Принципиальная электрическая схема Чертеж печатной платы

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Чистякова Н.О.
Социальная ответственность	Анищенко Ю.В.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Введение

1 Разработка платы питания

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Иванова В.С.	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4В	Берёзкина Юлия Андреевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 110 с., 17 рис., 29 табл., 15 источников, 7 приложений.

Ключевые слова: постоянный ток, преобразователь, плата, питание, микросхема.

Объектом исследования является понижающий преобразователь.

Цель работы – проектирование платы питания для передающего устройства специального назначения, соответствующего техническому заданию.

В процессе исследования проводились: анализ эксплуатационных характеристик, анализ требований к надежности изделия, анализ конструктивных и технологических требований, выбор и расчет электронных элементов для печатной платы, сравнительный анализ радиоизделий, трассировка печатной платы, трехмерное моделирование платы питания.

В результате исследования была создана конструкторская документация на изготовление платы питания, была рассчитана масса узла, выявлена надежность устройства при эксплуатации.

Область применения разрабатываемого объекта – наземная мобильная техника

Определения, обозначения и сокращения

ОКР - опытная конструкторская работа

ЭРИ ИП- электрорадиоизделия импортного производства

КПД – коэффициент полезного действия

МОП – межотраслевой ограничительный перечень

DC/DC - directcurrent/directcurrent - постоянный ток

ШИМ - Широтно-импульсная модуляция

ИМС - интегральная микросхема

ОУ – операционный усилитель

КМОП - комплементарная структура металл-оксид-полупроводник

ПЧ – промежуточная частота

ПП – печатная плата

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.0.003-74 «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»

ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности»

ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»

ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда.

Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»

ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»

ГОСТ 12.2.033-78 «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования»

Оглавление

Введение	11
1 Анализ требований технического задания	12
1.1 Принцип работы понижающего преобразователя	12
1.2 Анализ эксплуатационных характеристик	20
1.3 Анализ требований к надежности изделий	20
1.4 Анализ конструктивных и технологических требований	21
1.5 Обоснование автоматизации конструкции	21
2 Разработка платы питания	22
2.1 Разработка функциональной схемы	22
2.2 Выбор комплектующих радиоэлементов	23
2.3 Сравнительный анализ электрорадиоизделий	23
2.3.1 Микросхема LMZ22003TZ	27
2.3.2 Микросхема ADP3336	33
2.3.3 Микросхема LP3853	36
2.4 Расчет вспомогательных элементов	38
2.5 Расчет надежности	40
2.6 Расчет массы платы питания	44
3 Принцип работы электрической схемы платы питания	47
4 Вопросы технологии	50
4.1 Комплектование	51
4.2 Подготовка плат к монтажу	52
4.3 Нанесение пасты паяльной	54
4.4 Монтаж элементов на плату	57
4.5 Отмывка плат от флюса	59
4.6 Контроль качества электрического монтажа изделия	60
4.7 Монтаж разъемов, перемычек на плату	61

4.8	Контроль параметров (Iпот, U вых.)	64
4.9	Испытания климатические на воздействие смены температуры (термоциклирование)	65
4.10	Термическая обработка	66
5	Социальная ответственность	69
5.1	Анализ выявленных вредных факторов при разработке платы питания постоянного тока	70
5.1.1	Микроклимат	70
5.1.2	Освещенность	71
5.1.3	Электромагнитное излучение	72
5.1.4	Электрический ток	74
5.2	Экологическая безопасность	75
5.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	76
5.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	77
5.4.1	Организация рабочего места разработчика	78
5.4.2	Эргономические требования к рабочему месту	79
6	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	85
6.1	Потенциальные потребители результатов исследования	85
6.2	Анализ конкурентных технических решений	86
6.3	FAST-анализ	87
6.4	Оценка готовности проекта к коммерциализации	91
6.5	Организационная структура проекта	94
6.6	Планирование управления научно-техническим проектом	95
6.6.1	Иерархическая структура работ проекта	95
6.6.2	Контрольные события проекта	95
6.7	План проекта	96
6.8	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	97
6.8.1	Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	98

6.8.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	98
6.9	Основная заработная плата исполнителей темы	99
6.10	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	102
6.11	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	102
6.12	Расчет затрат на научные и производственные командировки	103
6.13	Накладные расходы	103
6.14	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	103
6.15	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	104
Приложение А		109
Приложение Б		125
Приложение В		126
Приложение Г		127
Приложение Е		128
Приложение Ж		129

Введение

Современная аппаратура характеризуется достаточно высокой сложностью, и часто для питания её отдельных узлов требуются различные напряжения. В случае наличия одного источника питания для получения разных уровней необходимо использовать специальные преобразователи (регуляторы). Особенно остро проблема получения различных питающих напряжений стоит в портативной аппаратуре. Если в устройствах, питающихся от сети, можно построить блок питания с необходимыми напряжениями, то в портативных приборах, работающих от автономных источников энергии, требуемые уровни напряжений можно получить только с использованием DC/DC преобразователей.

В настоящий момент на платформе АО «НИИПП» идет разработка передающего трехканального устройства. В этой работе описаны основные положения по разработке неотъемлемой части этого устройства - платы питания DC-DC. Важнейшим аспектом является выполнение технических требований, предъявленных заказчиком ОКР.

1. Соответствие платы габаритным масштабам корпуса
2. Входное напряжение: 12 ± 0.5 В
3. Выходное напряжение: 5 В; 4.25 В
4. Высокий КПД
5. Диапазон рабочих температур от -60°C до $+80^{\circ}\text{C}$
6. Устойчивость к воздействию синусоидальной вибрации частотой 20-30 Гц.
7. Средняя наработка на отказ не менее 20 000 часов.

1 Анализ требований технического задания

1.1 Принцип работы понижающего преобразователя

Согласно названию – понижающий, – данный преобразователь обеспечивает регулирование выходного напряжения в диапазоне от нуля до величины входного напряжения (в реальности верхняя граница несколько меньше, что связано с потерями в элементах схемы). В англоязычной литературе понижающий регулятор называется «buck converter» или «step_downconverter». Упрощённая схема регулятора I типа приведена на рисунке 1. Силовой ключ VT преобразователя(см. рис. 1) может находиться в двух состояниях: открытом – ток протекает через ключ (интервал импульса – $t_{и}$) и закрытом (интервал паузы – $t_{п}$). Продолжительность интервала импульса определяется коэффициентом заполнения [1]::

$$\gamma = t_{и} / T$$

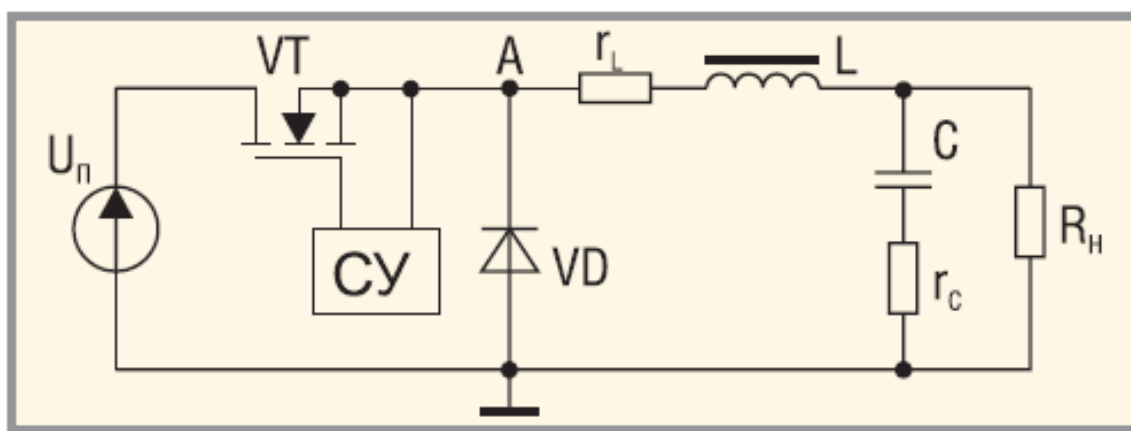


Рисунок 1 - Упрощённая схема понижающего регулятора I типа

Когда транзистор VT открыт, ток от источника протекает по контуру VT–L–нагрузка, нарастая от минимального значения до максимального (см. рис.2 а).

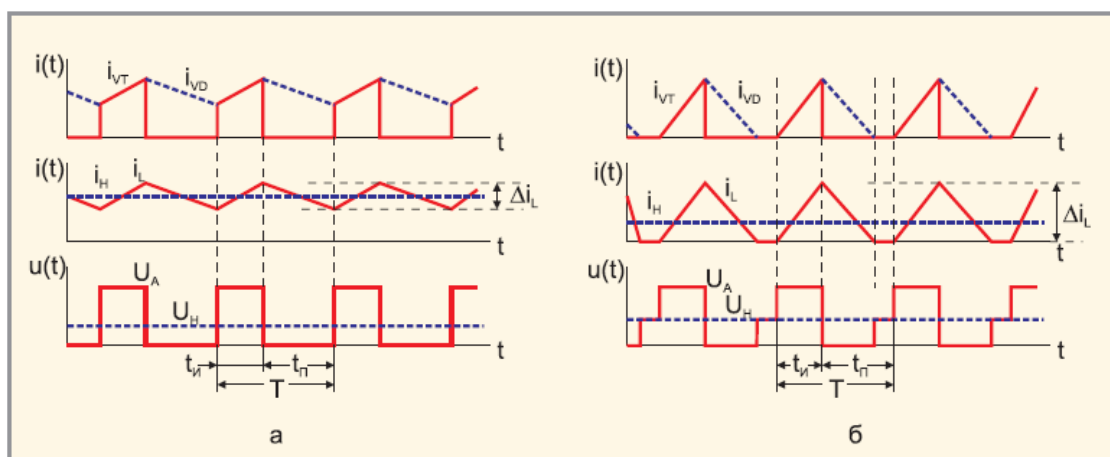


Рисунок 2 - Временные диаграммы режима непрерывного (а) и прерывистого (б) тока регулятора I типа

В интервале, когда VT открыт, идёт передача энергии в нагрузку и происходит накопление энергии в катушке индуктивности. При закрытии транзистора катушка индуктивности выступает в роли источника тока, передавая накопленную энергию в нагрузку по контуру L–VD–нагрузка. Выделяют два режима работы регулятора – режим непрерывных и прерывистых токов. В первом ток катушки индуктивности всегда больше нуля, а во втором существует интервал времени, в течение которого он равен нулю. Временные диаграммы для обоих режимов приведены на рисунке 2. Регулировочная характеристика регулятора I типа для режима непрерывных токов (т.е. зависимость выходного напряжения от коэффициента заполнения γ) описывается выражением [2]:

$$U_i = U_i \gamma - I_i (r_{VT} + r_L) - U_{VD}(1 - \gamma)$$

Для идеального регулятора без потерь:

$$U_i = U_i \gamma$$

Как видно из формулы, регулировочная характеристика реального преобразователя зависит от тока нагрузки. Чем больше ток нагрузки, тем больше характеристика отклоняется от идеальной (см. рис. 3).

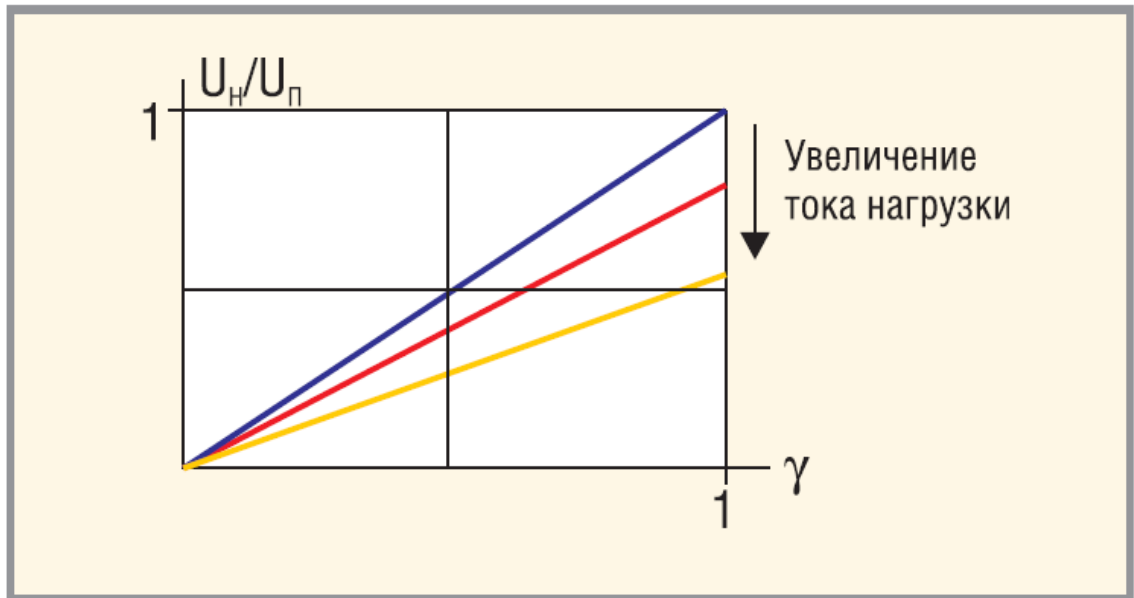


Рисунок 3 - Регулировочная характеристика преобразователя I типа

Основные отличия режима прерывистых токов заключаются в наличии интервала времени t_{Π} , когда ток катушки индуктивности (и диода) равен нулю. Для режима прерывистых токов характерны большие пульсации тока катушки индуктивности и тока конденсатора. Регулировочная характеристика регулятора I типа в режиме прерывистых токов описывается выражением [2]:

$$U_i = U_r \frac{2}{1 + \sqrt{1 + \frac{4\hat{e}}{\gamma^2}}},$$

где $\hat{e} = 2L / R T$

Как видно из этого выражения, напряжение в нагрузке нелинейно зависит от коэффициента γ . Следует отметить, что режим прерывистых токов используется редко. Понижающие преобразователи проектируются так, чтобы в заданном диапазоне токов и напряжений нагрузки сохранялся режим непрерывных токов катушки индуктивности. Но, тем не менее, надо иметь в виду, что режим прерывистых токов возможен при падении тока нагрузки ниже критического значения. Для обеспечения режима непрерывных токов индуктивность L должна выбираться согласно следующему условию [2]:

$$L \geq \frac{U_i \left[1 - \frac{U_i}{U_{i \max}} \right] T}{\Delta I_L}$$

Различают две основные модификации схемы понижающего преобразователя – синхронный понижающий преобразователь (synchronous buck converter) и прямоходовой преобразователь (forward converter). В схеме синхронного преобразователя (см. рис. 4а) диод заменён МОП транзистором VT2.

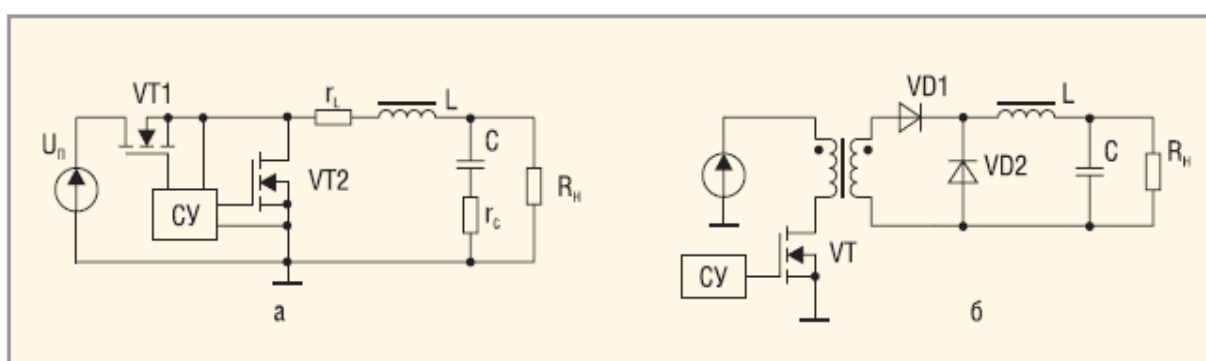


Рисунок 4 - Упрощенная схема синхронного (а) и прямоходового (б) преобразователя

Так как падение напряжения на МОП транзисторе может быть меньше падения напряжения на диоде при одинаковых токах, то КПД схемы может значительно возрасти, особенно при значениях выходного напряжения, соизмеримых с падением напряжения на диоде. Другая особенность заключается в том, что синхронный преобразователь работает только в режиме непрерывных токов, что объясняется способностью МОП транзистора проводить ток в обоих направлениях (от стока к истоку и наоборот). В схеме прямоходового преобразователя (см. рис. 4б) обеспечивается гальваническая развязка входного и выходного напряжений. При открывании транзистора VT по первичной обмотке трансформатора T начинает протекать ток, наводящий во вторичной обмотке ЭДС индукции, через диод VD1 начинает течь ток, заряжающий через дроссель L конденсатор C. Таким образом, рабочим является прямой ход преобразователя, благодаря которому он и получил своё название.

При закрытии транзистора VT ток через первичную обмотку начинает уменьшаться, соответственно, напряжение на вторичной обмотке приобретает обратную полярность, диод VD запирается. Ток дросселя L замыкается по контуру L–R2, C–VD2. Следует отметить, что на трансформаторе часто размещают дополнительную размагничивающую обмотку, число витков которой равно числу витков первичной обмотки. Размагничивающая обмотка через диод подключается к источнику питания и служит для отдачи энергии, накопленной в магнитопроводе трансформатора T за прямой ход. В противном случае эта энергия рассеивается на ключе VT1, что резко снижает КПД источника и ухудшает тепловой режим транзистора.

Следует также отметить, что, так как время размагничивания сердечника равно времени намагничивания, в прямоходовых преобразователях принципиально невозможно получить коэффициент заполнения импульса больше 0,5 – магнитопровод просто не успеет размагнититься, в результате чего преобразователь после запуска не выйдет на режим. Форсированное же размагничивание сердечника приводит к появлению огромнейших перенапряжений на транзисторе VT1.

Прямоходовой преобразователь используется для питания устройств, потребляющих мощность от единиц до десятков ватт. Затронув общие принципы работы регулятора I типа, перейдём к рассмотрению реализации преобразователя на примере источника питания процессора Intel Pentium 4. Данный преобразователь имеет ряд интересных особенностей.

Ток потребления современных микропроцессоров достигает 100 А. Однако при столь огромном токе потребления напряжение питания процессора составляет всего около 1,5 В.

Поэтому к источникам питания процессоров предъявляются очень жёсткие требования. Так, выходное сопротивление источника строго регламентируется и должно составлять для разных конфигураций от 1,24 до 1,5 мОм [2]. Но при токе 80 А на выходном сопротивлении 1,5 мОм будет рассеиваться почти 10 Вт. Без радиатора не обойтись. Однако можно построить

такой источник, который будет контролировать выходной ток и пропорционально ему уменьшать выходное напряжение, тем самым моделируя резистивный характер выхода с нужным сопротивлением. Наиболее оптимальным решением построения такого источника питания является использование регулятора I типа с входным напряжением 12 В.

Для питания процессоров на материнских платах на базе чипсетов i848/i865 используются регуляторы, построенные на микросхеме ADP3180 компании Analog Devices или аналогичной, функциональная схема которой приведена на рисунке 5.

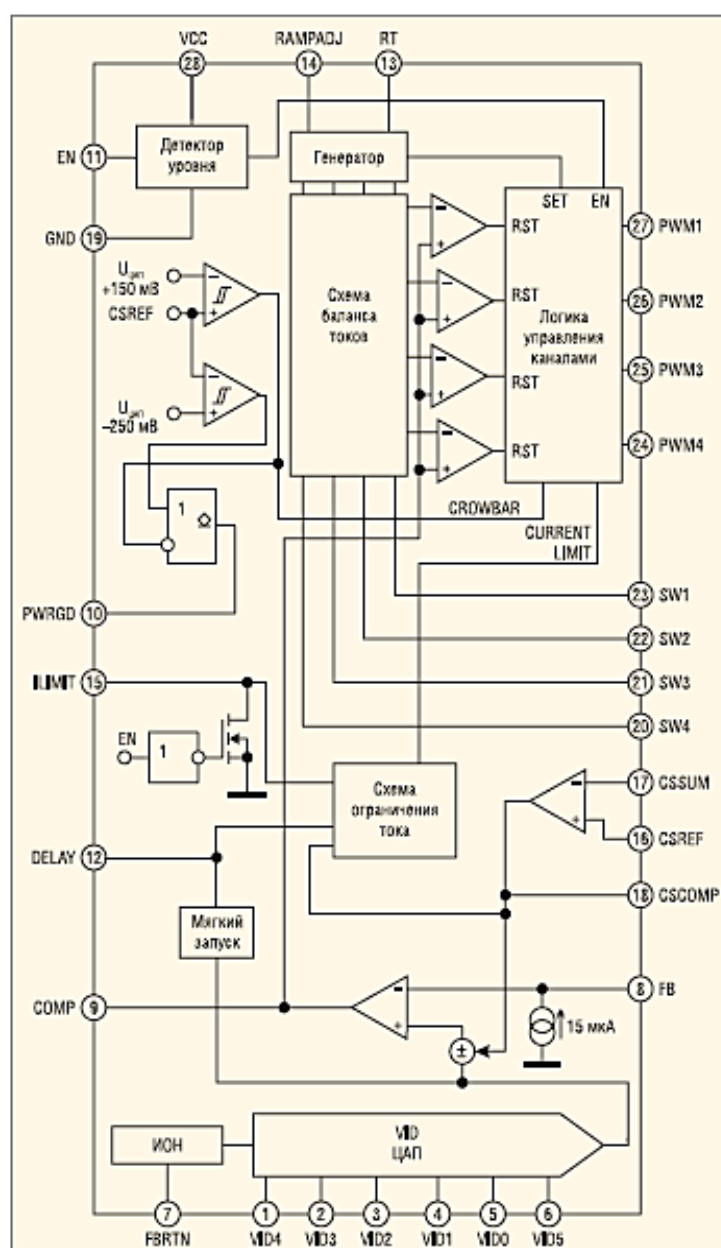


Рисунок 5 - Функциональная схема ШИМ_контроллера ADP3180

ADP3180 представляет собой специализированный многоканальный ШИМ_контроллер, предназначенный для преобразования 12 В в напряжение питания процессора. Такой регулятор может иметь от двух до четырёх независимых каналов. Высокие значения выходного тока делают невозможным построение источников питания процессора по одноканальной схеме. Это объясняется тем, что в этом случае потери в ключах и дросселе будут достаточно велики, а установить ключи на радиатор в рамках материнской платы и изготовить миниатюрный дроссель с рабочим током порядка 80...100 А не представляется возможным. При использовании нескольких независимых каналов эти проблемы отпадают. Кроме того, ИМС ADP3180 имеет схему баланса токов, позволяющую либо уравнивать токи каналов, либо распределить их в определённой пропорции, что будет рассмотрено при описании схемы включения.

Значение питающего напряжения VCC процессора Pentium 4 определяется выдаваемым им 5_разрядным цифровым кодом VID. Следует отметить, что новейшие процессоры Intel Pentium в корпусе с 775 выводами выдают уже 6_разрядный код VID, что связано с уменьшением шага дискретности сетки выходных напряжений источника питания процессора. Каждый процессор имеет своё значение данного кода, наиболее современные могут даже изменять его динамически, «на лету», в зависимости от степени загрузки и температуры. Схема включения ИМС ADP3180 на материнской плате ASUS P4P800S на базе чипсета Intel 848P представлена на рисунке 6.

Источник питания имеет три канала, каждый из которых представляет собой синхронный преобразователь, управляемый драйвером ADP3180 компании Analog Devices. Сигналы управления каналами подаются с выходов PWM ШИМ_контроллера на входы IN драйверов. Высокий уровень этого сигнала соответствует открытому верхнему транзистору полумоста, низкий – открытому нижнему. Число рабочих каналов определяется ШИМ_контроллером в момент запуска сканированием выходов PWM. Если оказывается

заземлённым вывод PWM4, то контроллер работает в 3_канальном режиме, если же заземлены оба вывода PWM3 и PWM4, то в 2_канальном.

Номинальное значение питающего напряжения устанавливается формулой:

$$U_{CC} = U_{VID} - \Delta U - I_{CC} R_{\text{вых}}$$

где U_{VID} – напряжение, соответствующее коду VID, I_{CC} – потребляемый ток, $R_{\text{вых}}$ – выходное сопротивление источника питания процессора, ΔU – предельное отклонение напряжения. Исходные данные для расчёта ΔU и $R_{\text{вых}}$ выбираются согласно [2]. Максимальное отклонение напряжения питания от номинального значения в обе стороны не должно превышать ΔU . В качестве датчика тока выступает активное сопротивление выходных дросселей источника питания. Однако для измерения падения напряжения на нём приходится прибегать к специальным методам. Дело в том, что на выходе полумоста имеется пульсирующее напряжение, на другом выводе дросселя – постоянное, поэтому напряжение с выхода полумоста следует сначала сгладить активным фильтром, а затем уже сравнить с напряжением на выходе. Их разность будет равна падению напряжения на датчике тока.

Активный фильтр выполнен на ОУ в составе микросхемы. На неинвертирующий вход (CSREF) подаётся напряжение с выхода источника питания процессора, на инвертирующий (CSSUM) – просуммированные резисторами R596...R598 сигналы с выхода полумостов. С выхода ОУ фильтра сигнал подаётся на схему ограничения тока, срабатывающую при превышении установленной величины выходного тока. Этот сигнал также подаётся и на специальный источник, задающий смещение на входе ОУ ОС для уменьшения выходного напряжения при росте тока. Смещение напряжения ΔU задаётся резистором R593 при протекании через него тока 15 мкА от внутреннего источника тока.

ИМС ADP3180 выдаёт также специальный сигнал Power Good (вывод 10), высокий уровень которого говорит о том, что выходное напряжение находится в пределах $-250...+150$ мВ относительно номинального. При выходе из этих

пределов срабатывает соответствующий компаратор, сигнал с которого подаётся на вход логической схемы, формирующей сигнал Power Good. При превышении значения номинального напряжения на 150 мВ выдаётся внутренний сигнал CROWBAR, по которому логика управления каналами открывает нижние ключи синхронного преобразователя, что в конечном счёте приводит к уменьшению напряжения на выходе. Таким способом осуществляется защита от перенапряжения.[2]

1.2 Анализ эксплуатационных характеристик

Для обеспечения устойчивого функционирования платы при заданных условиях эксплуатации необходимо использование электрорадиоэлементов, разрешённых к применению при разработке (модернизации), производстве и эксплуатации аппаратуры, приборов, устройств и оборудования военного назначения. Такие элементы выбираются предприятием-разработчиком исходя из условий эксплуатации конкретного изделия и специфики разрабатываемых приборов. Воздействие климатических условий на прибор можно смягчить путем применения типовых технологических процессов или некоторых схемотехнических и конструктивных решений. Целесообразным также является применение герметизирующих, изоляционных, тепло- и электропроводящих материалов.

1.3 Анализ требований к надежности изделий

Надежность платы питания DC-DC может быть достигнута использованием перечня электрорадиоэлементов, разрешённых к применению при разработке (модернизации), производстве и эксплуатации аппаратуры, приборов, устройств и оборудования военного назначения, с учетом режимов работы и климатических условий эксплуатации. Надежность узла так же может быть достигнута: резервированием, качеством и технологией изготовления,

поэтапным контролем изготовления и испытанием опытного образца в искусственно создаваемых климатических условиях. Не маловажную роль на надежность оказывает также человеческий фактор.

1.4 Анализ конструктивных и технологических требований

Разрабатываемое изделие будет использоваться в составе блока, устанавливаемого на наземную мобильную технику, поэтому важным является снижение массогабаритных показателей изделия.

Габаритные размеры платы ограничиваются размерами корпуса передающего устройства.

Реализацию технологических требований целесообразно осуществить путем использования типовых технологических процессов, стандартных и унифицированных элементов конструкции и ЭРИ.

1.5 Обоснование автоматизации конструкции

Применение средств вычислительной техники при разработке радиоэлектронной аппаратуры позволяет значительно сократить сроки разработки аппаратуры, производить изменения в документации и устранять ошибки намного быстрее. Применение САПР также облегчает использование наработок прошлых лет (опыт) в новых изделиях, используя электронный архив документов, созданный в АО «НИИПП»

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ4В	Берёзкиной Юлии Андреевны

Институт	ИНК	Кафедра	ТПС
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Расчет стоимости ресурсов
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Расчет расходования ресурсов
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Проведение анализ: Потенциальные потребители результатов исследования, конкурентные технические решения с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, FAST -анализ, определение возможных альтернатив проведения НИИ.</i>
<i>Планирование проведения и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Определение структуры плана проекта и трудоёмкости работ, разработка графика проведения НИИ, бюджет НИИ.</i>
<i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определение интегрального показателя финансовой эффективности, интегрального показателя ресурсоэффективности, интегрального показателя эффективности и сравнительной эффективности вариантов исполнения.</i>

Перечень графического материала

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой менеджмента	Чистякова Н.О.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4В	Берёзкина Ю. А.		

2 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

2.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В данной работе исследуются плата питания передающего устройства на основе понижающего преобразователя. В портативной аппаратуре особенно остро стоит проблема получения различных питающих напряжений и изучаемый вид регуляторов решает эту задачу. Для выполнения анализа потребителей преобразователей постоянного тока был рассмотрен целевой рынок и проведено сегментирование.

Сегментировать рынок услуг по разработке платы DC/DC можно по следующим критериям: месторасположение, конкурентоспособность продукта (таблица 11).

Таблица 11: Карта сегментирования рынка услуг

		Конкурентоспособность продукты	
Месторасположение		точность	стоимость
	Крупные (производство, предприятия...)	С, В	С
	Средние (магазин, университет...)	А,D	В
	Мелкие (жители, ...)	Д	В, С

А. Компания «Гелиос Хаус»

В. ООО Компании «Элемент»;

С. TE Connectivity ;

Д. ООО "Электрон";

В приведенной карте сегментирования показано, что Компания ООО «Элемент»" занимает сегмент рынка, привлекательный для предприятия в будущем.

2.2 Анализ конкурентных технических решений

Таблица 12: Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентно-способность		
		Б _Б	Б _{G1}	Б _{G2}	Б _Б	Б _{G1}	Б _{G2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
3. Надежность	0,18	5	5	4	0,9	0,9	0,72
4. Простота эксплуатации	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
5. Качество интеллектуального интерфейса	0,09	5	4	3	0,45	0,36	0,27
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,07	5	4	3	0,35	0,28	0,21
2. Уровень проникновения на рынок	0,07	4	4	5	0,28	0,28	0,35
3. Цена	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,15	5	5	5	0,7	0,7	0,7
5. Послепродажное обслуживание	0,06	5	3	3	0,3	0,18	0,18
6. Финансирование научной разработки	0,03	5	5	4	0,15	0,15	0,12
7. Срок выхода на рынок	0,02	5	4	4	0,1	0,08	0,08
8. Наличие сертификации разработки	0,06	4	5	4	0,24	0,3	0,24
Итого	1	60	53	48	4,65	4,21	3,75

2.3 FAST-анализ

Выбор объекта FAST-анализа

В рамках магистерской диссертации в качестве объекта FAST-анализа выступает плата питания постоянного тока.

Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом

Основным элементом на плате питания является понижающий преобразователь. Благодаря ему 12 В снижается до определённого значения. Это напряжение поступает на линейные стабилизаторы и с их помощью формируется необходимое выходное напряжение в 5 В и 4,25 В. Важными элементами являются блоки стабилизации, которые выполняют роль сглаживающего фильтра, уменьшая пульсацию напряжения на входе и на выходе.

Для облегчения процесса выделения и классификации функций каждого блока платы питания была построена таблица 13.

Таблица. 13- Функции блоков платы питания

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
Понижающий преобразователь	1	Понижение напряжения	X		
Линейный стабилизатор 1	1	Стабилизация напряжения	X		
Линейный стабилизатор 2	1	Стабилизация напряжения	X		
Блоки	1	Уменьшение пульсаций		X	

стабилизации		напряжения на входе и выходе			
Контакты потребления напряжения	1	Передача напряжения и необходимых частот на передающее устройство		X	
Выход 1,2	1	Площадки снятия необходимого напряжения			X

Определение значимости выполняемых функций объектом (табл. 14).

Таблица. 14- Матрица смежности функции

	Понижающ ий преобразова тель	Линейный стабилизат ор 1	Линейный стабилизат ор 2	Блоки стабилиз ации	Контакты потребления напряжения	Выход 1,2
Понижающий преобразователь	=	=	=	>	>	>
Линейный стабилизатор 1	=	=	=	>	>	>
Линейный стабилизатор 2	=	=	=	>	>	>
Блоки стабилизации	<	<	<	=	<	>
Контакты потребления напряжения	<	<	<	>	=	>
Выход 1,2	<	<	<	<	<	=

Таблица .15 - Преобразование матрицы смежности в матрицу количественных соотношений функций

	Понижающий преобразователь	Линейный стабилизатор 1	Линейный стабилизатор 2	Блоки стабилизации	Контакты потребления напряжения	Выход 1,2	Итого
Понижающий преобразователь	1	1	1	1.5	1.5	1.5	7.5
Линейный стабилизатор 1	1	1	1	1.5	1.5	1.5	7.5
Линейный стабилизатор 2	1	1	1	1.5	1.5	1.5	7.5
Блоки стабилизации	0.5	0.5	0.5	1	0.5	1.5	4.5
Контакты потребления напряжения	0.5	0.5	0.5	1.5	1	1.5	5.5
Выход 1,2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	3.5
Σ							36

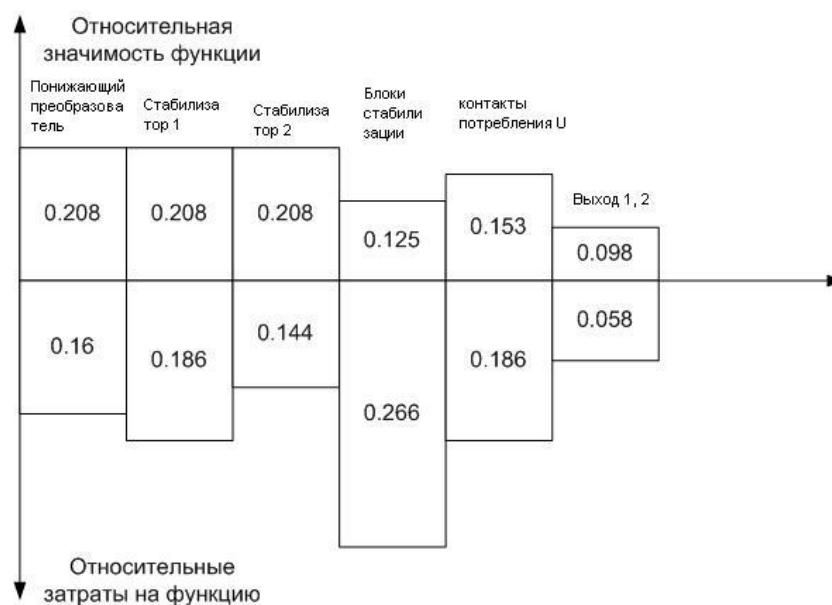
Так, для понижающего преобразователя относительная значимость равна $7.5/36 = 0,208$; для линейного стабилизатора 1 – $7.5/36 = 0,208$; для линейного стабилизатора 2 – $0,208$; для блоков стабилизации – $0,125$; для контактов потребления напряжения – $0,153$ и для выходов 1, 2 – $0,098$.

Таблица 16 Анализ стоимости функций, выполняемых объектом

Наименование детали (узла, процесса)	Количество деталей на узел	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоемкость детали, нормо-ч	Стоимость материала, руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.
Понижающий преобразователь	1	Понижение напряжения	-	1	200	-	200

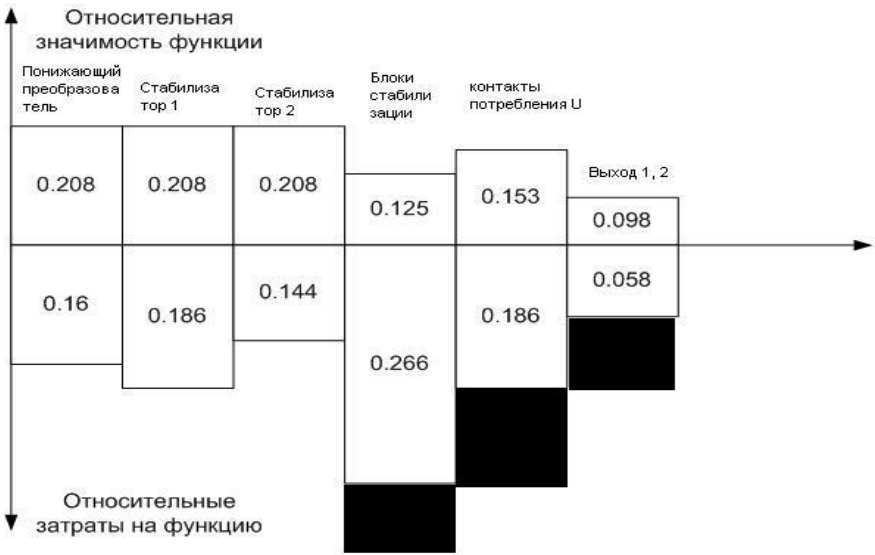
ель							
Линейный стабилизатор 1	1	Стабилизация напряжения	-	1	250	-	250
Линейный стабилизатор 2	1	Стабилизация напряжения	-	1	170	-	170
Блоки стабилизации	1	Уменьшение пульсаций напряжения на входе и выходе	-	4	350	-	350
Контакты потребления напряжения	1	Передача напряжения и необходимых частот на передающее устройство	-	2	300	-	300
Выход 1,2	1	Площадки снятия необходимого напряжения		7	100	400	500

Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ



Оптимизация функций выполняемых объектом

При рассматривании продукции различных компаний конструкция платы была оптимально выбрана с целью исследования электронной начинки. В результате FAST-анализа видно, что можно уменьшить затраты разработки и повысить качество путем улучшения блоков стабилизации, контактов потребления напряжений и выходных площадок.



где  -сокращение затрата

2.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Таблица 17 – Оценка готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	5	4
2	Определен имеющийся научно-технический задел	5	4
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4

4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	2
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	5
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	4	4
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	5	5
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
12	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	4
15	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	59	54

И так получится, что оценка готовности научного проекта к коммерциализации находится в диапазоне от 59 до 54 – перспективность

высокая. Это связано с тем что в настоящее время заключён договор о производстве плат питания по заказу к АО «НИИПП».

1.7 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Разработка платы питания является часть ОКР на изготовления передающего устройства. Заказ получен АО «НИИПП» от АО «ЦКБА» г. Тула. Проект коммерчески выгоден и уже существуют готовые образцы. Томское предприятие намерено выпускать данное устройство. Контракт подписан на несколько лет.

2. Инициация проекта

2.1. Цели и результат проекта

В таблице 18 представляется информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 18 – Цели и результат проекта

Цели проекта	Исследование и разработка БИНС
Ожидаемые результаты проекта	Разработанная плата питания DC/DC
Критерии приемки результата проекта	Соответствие платы техническому заданию.
Требования к результату проекта	Соответствие платы габаритным масштабам корпуса
	Входное напряжение: 12 \pm 0.5 В
	Выходное напряжение: 5 В; 4.25 В
	Высокий КПД
	Диапазон рабочих температур от -60°C до +80°C

2.5 Организационная структура проекта

Таблица 19 – Организационная структура проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Мартенюк Д. В.	Руководитель ОКР	отвечает за реализацию проекта	240
2	Берёзкина Ю. А, магистр кафедры ТПС	Исполнитель проекта	выполняет проект	960

Таблица 20 Ограничения и допущения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	
Источник финансирования	АО «НИИПП»
Сроки проекта	6 месяцев
Дата утверждения плана управления проектом	01.01.2016
Дата завершения проекта	20.06.2016
Прочие ограничения и допущения*	

2.6 Планирование управления научно-техническим проектом

2.6.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта.

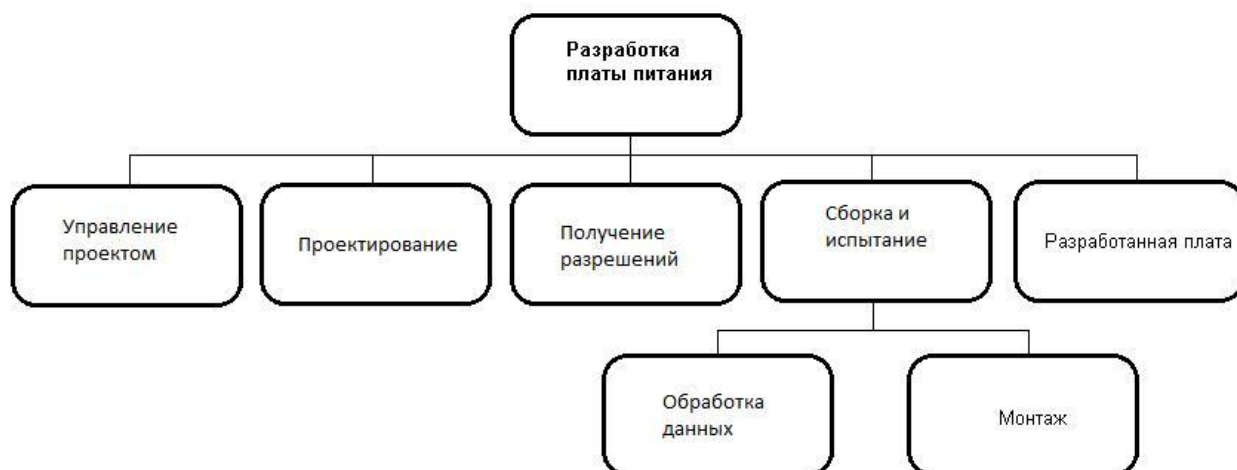


Рисунок. - Иерархическая структура работ по проекту платы питания

2.6.2 Контрольные события проекта

Таблица 21- Контрольные события проекта

Название работы	Исполнители		Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарны х днях T_{ki}	
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Составление и утверждение технического задания	Руководитель	-	0	8	0	2
Подбор и изучение материалов по теме		Студент	0	8	0	20
Выбор направления исследований	Руководитель	Студент	8	8	1	1
Календарное планирование работ по теме	Руководитель	Студент	8	8	4	4

- накладные расходы.

2.8.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

Таблицу 23: Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед.,руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Понижающий преобразователь	Шт	1	1200	1200
Линейный стабилизатор 1	Шт	1	700	700
Линейный стабилизатор 2	Шт	1	800	800
Блоки стабилизации	Шт		430	430
Контакты потребления напряжения	Шт		50	50
Выход 1,2	Шт	2	20	40
Всего за материалы				3220
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				161
Итого				3381

2.8.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Таблица 24: Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1	Компьютер	1	40	40

2	Паяльная паста	1	0.4	0.4
3	Паяльник	1	0.8	0.8
4	Расходные материалы (Припой ПОС61, канифоль)	-	0.1	0.1
5	Мультиметр	1	0.8	0.8
Всего за специальное оборудование				42100
Монтажу в размере 15% от его цены				6315
Итого:				48415

2.9 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату: $C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия(при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p \quad (18)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 8);

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 25: Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	27	27
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	48
- невыходы по болезни	0	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	263	239

Таблица 26 - Заработная плата

[illegible]

2.10 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (21)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таблица 27: Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Исп.
Основная зарплата	58874.72
Дополнительная зарплата	8831.208
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	67705.92

2.11 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$\begin{aligned} C_{\text{внеб}} &= k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \\ &= 0.271 \cdot (67705.92) = 18348.306 \end{aligned}$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

2.12 Расчет затрат на научные и производственные командировки

В процессе изготовления установки не необходимо командировки, поэтому затрат на научные и производственные командировки равен нулю.

2.13 Накладные расходы

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

$$З_{\text{накл}} = (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (23)$$

где: $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 80-100%.

$$З_{\text{накл}} = (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \cdot k_{\text{нр}} = 0.8 \cdot (67705.92) = 54164.74$$

2.14 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в табл.28.

Таблица 28: Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	1816.8
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	46195.5
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	58874.72
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	8831.208
5. Отчисления во внебюджетные фонды	18348.306
6. Затраты на научные и производственные командировки	0
7. Контрагентские расходы	0
8. Накладные расходы	54164.74

2.15 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

В работе задача выполняется по заданному требованию и не был рассмотрен другой вариант разработки объекта исследования, поэтому не можем сравнить и сделать вывод о эффективности варианта решения с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Для ознакомления с методом определения ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования были проведены расчеты всех коэффициентов разработки.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (24)$$

где: $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{54164.74}{54164.74} = 1$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (25)$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 29).

Таблица 29: Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,25	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5
3. Помехоустойчивость	0,15	5
4. Энергосбережение	0,15	4
5. Надежность	0,25	5
6. Материалоемкость	0,05	4
ИТОГО	1	4,8

$$I_{p-ucn1} = 5*0,25 + 5*0,15 + 5*0,15 + 4*0,15 + 5*0,25 + 4*0,05 = 4,8;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки (I_{ucni}) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}} = \frac{4.8}{1} = 4.8$$